養液栽培與作物營養診斷

李國權*・林慧玲*

前　言

養液栽培如因管理不善，可能發生作物營養失調現象，爲了避免損失的擴大，應即時診斷補救。一般營養診斷的方法很多，計有(1)目視診斷。(2)植體分析。(3)簡易速測法。(4)生化診斷。(5)養液供應法。(6)土壤分析等。在實際應用方面，常利用兩種或更多之不同方法，明確證實一種失調症狀。上述各種方法之中，植體分析、生化診斷及土壤分析需要昂貴之設備及相當長時間的人員訓練。目視診斷，快速簡便，但需相當的實際經驗，如能配合簡易速測法或養分供應法，將可成爲養分含量診斷之有效工具。

一、目視診斷法

植物體內無機養分缺乏或過多時，新陳代謝遭受影響，生長受抑制，葉片黃化或發生壞疽等症狀。缺乏症狀也在莖、根或果實等部分顯見，可以做爲診斷之依據。一般缺乏症狀比過多症狀較具特性，經Wallace等[4]學者整理後，已成爲有效的診斷工具。目前這些作爲診斷的圖鑑以溫帶果樹及蔬菜爲多，熱帶及亞熱帶果樹則較少。症狀圖鑑可以利用控制養分供應而獲得，最理想的方法是利用水耕或砂耕，進行植株無機養分之缺乏試驗，以誘導各要素缺乏症狀。關於水耕液，許多試驗是採用美國加州大學Hoagland教授的配方及加以修改後之部分水耕液（Partial solution）來進行試驗[2]，如欲誘導微量要素如錳、銅、鋅、硼、氯、鉬等缺乏症狀時，母液（stock solution）需要經過純化步驟以去除微量元素之污染，方能產生正確的症狀。有了標準的症狀，診斷就比較容易。一般植物症狀出現，常有一定的部位及特徵，這與養分在植物體內運輸的性質有關。植物必需的養分除碳、氫、氧由空氣及水供應以外，其餘所需的無機養分如氮(N)、磷(P)、鉀(K)、鈣(Ca)、鎂(Mg)、硫(S)、氯(Cl)、鐵(Fe)、銅(Cu)、錳(Mn)、鋅(Zn)、鉬(Mo)、硼(B)等需由土壤中吸取，上述無機養分前6項因植物需要量較多，稱爲多量元素，後7項需要量較少稱爲微量元素，根據養分在植物體的移動情形，可將缺乏症狀分爲三類：

第一類作物缺乏症狀出現在老葉（下位葉），這是由於這類元素在植物體內非常容易移動，可自老葉轉運到幼葉的緣故。此類元素存在液胞中之量相當多，並非新陳代謝必須物質組成之一部分，鉀就是一例。

第二類作物缺乏症狀出現於上部幼嫩葉片，此由於這類要素在植物體內不易或很少移動，並爲與新陳代謝沒有密切關係之有機體之組成物，如果膠或木質素等物質。這類元素如鈣與硼。此外，微量元素如鐵、鋅、銅、錳等，在植物體內也屬於不易移動的要素，症狀也常出現於上部葉及幼嫩枝條。

第三類症狀在新葉與老葉均可發生，一般以老葉較爲嚴重，此類情況發生在缺乏與新陳代謝有密切關係之元素，如氮、磷、硫等；當爲貯存狀態時可被運送到地上部，當被轉變爲細胞組成

*中興大學園藝系

時，則不能轉運。

根據上述要素之運輸特性，再加黃化或壞疽等表徵，可以做成檢索表（表一），以診斷標準化之症狀，但因同樣要素缺乏，在不同種類之植物，症狀可能不同，因此檢索表之用途有限，不如圖片之有效。

表一　礦物元素缺乏症狀檢索表

㈠容易在植體內再移動之要素，其缺乏症表現於下方成熟葉。

1. 下方葉漸次枯死，莖細小，有時帶紫紅色素。

(1)缺氮：氮是屬於移動速度較快的元素，發生缺乏時葉色變黃，葉片小而硬，黃化現象遍及全株，但下位葉有較嚴量之趨勢。

(2)缺硫：植株發生缺硫時與氮缺乏相類似，亦發生黃化現象。

(3)缺磷：磷在植體內之移動性屬中等，故缺磷徵狀亦不集中於新葉或老葉，缺乏時葉片變小，葉色暗綠，分蘗受阻，有時莖、葉呈紫紅色。

2. 下方葉變黃或呈黃斑，但葉脈保持綠色。

(1)缺鎂：缺鎂時徵狀先出現於老葉，葉緣及葉脈間部份黃化，與葉脈周圍之綠色成明顯之對比。

3. 下方葉變黃或成棕色斑點。

(1)缺鉀：鉀元素在植體內容易移動，發生缺乏時，可由老葉轉運至新葉，致使老葉葉緣及尖端變黃而焦枯，並逐漸向內擴展，但新葉可保持正常。

㈡不易在植體內再移動之要素，其缺乏症表現於新葉或局限於莖頂組織。

1. 新葉變形，莖頂枯死。

(1)缺鈣：鈣元素在植體內移動性小，缺鈣時老葉正常，但新葉及新根無法生長，新葉扭曲，葉尖白化，繼之變褐而枯死。

(2)缺硼：硼在植體內較難移動，缺乏時生長點停止生長，新葉變黃，質脆而枯死，葉柄木栓化或出現流膠。根部或莖部中心變黑，蕊葉多皺，果實畸形或出現木栓點及硬化現象。

2. 莖頂組織或頂部生長點並不枯死。

(1)缺鐵：老葉保持正常綠色，新葉黃白化。

(2)缺錳：新葉黃白化，但葉脈周邊殘留之綠色較缺鐵明顯。

(3)缺鋅：新葉細小，頂葉叢生，葉脈間黃化。(6)

另外水耕作物之根部分佈在養液之中，因此，容易用肉眼觀察，Yoshiaki Ishizuka氏等(5)，在利用水耕栽培亞麻，發現氮、磷、鉀、鈣、硫等元素缺乏時，根部呈現不同之型態、顏色、長短，可做爲診斷之參考。

二、目視診斷應用上之困難

目視診斷的困難有下列 4 點：

1. 一種元素缺乏在不同作物有不同的症狀，因此，對於某種作物缺乏症狀之知識對於另外一種作物相同缺乏元素之診斷無所幫助，例如：缺鋅在許多作物引起“小葉”症狀，但缺鋅之玉

米植株則於剛展開之幼葉發生黃化，稱之謂“白芽”。

2. 相似或相同之症狀，可能由於不同之元素引起，例如缺氮與缺硫產生類似之黃化。

3. 田間作物之元素缺乏雖已達影響作物產量及品質，但其可見症狀可能仍未出現，以致難以辨別診斷，尤其是一年生的作物，因生長時間短，生長快速，當出現症狀之時，補救為時已晚。

4. 單一植株可能同時缺乏二種或更多之元素，致使診斷更為困難，同時病蟲害及污染所引起之症狀，可能被誤認為元素缺乏。

因此，目視診斷單獨使用，往往不能做最正確的判斷，如輔以簡易快速測試或養液供應法則診斷之正確程度可以提高。

三、簡易速測法

關於簡易快速測試，目前已由西德Merck 公司發展出幾種廣泛應用試紙，可快速估計植體內各元素之濃度，其中以氮與鈣之試紙敏感度及準確性較高，而鉀試紙易受植體內葉綠素之干擾而影響呈色反應，其檢測步驟如下：

1. 折下待測葉片，若葉柄過於乾燥或木質化，需以鋒利刀子進行修剪。
2. 將試紙之感應面朝上，放在堅固的平台上，使葉柄基部與試紙接觸。
3. 以原子筆或鉛筆當做滾棒，將葉柄內之樹液擠壓至試紙上。
4. 若為測氮用試紙，需等待2分鐘後與標準值比較，可得知植體內氮之濃度；若氮濃度過高（＞500 ppm），在未達2分鐘前，就呈現標準值最高濃度（500 ppm）之色澤時，可測定到達標準呈色之時間（以秒為單位），換算為實際濃度（表二）。

表二　出現標準呈色之時間與濃度換算表

時間（秒）	硝酸鹽濃度（ppm）（NO_3）	硝酸態氮濃度（ppm）（NO_3-N）
7.5	9000	2000
9	7000	1600
15	4000	900
20	3000	680
30	2000	450
40	1400	320
60	900	200
90	600	140

5. 每個田間試區至少需逢機取樣十株，取其平均值。
6. 取樣時間亦可影響濃度，一般氮含量在晴天下午最低，採樣時間以上午十點至十二點為宜。

各種蔬菜不同生長期之臨界濃度尚未完全建立，表三為非豆科蔬菜中葉柄氮之一般濃度，可供參考，並說明測試樣品以早期採樣為宜。

表三　不同時期非豆科植物氮含量之變化

NO_3 ppm		NO_3-N ppm	到達500 ppm NO_3 呈色之秒數
成株生長前期	4000	900	15
成株生長中期	3000	700	20
成株生長後期	200	50	0
成株生長末期	0	0	0

註：帶根瘤之豆科植物，樹液中如不含硝酸鹽，也能生長良好。

7. 養分之臨界濃度並非一常數，且隨生長期之變化而異，因此測試時需注意作物之生長期，方能做合理的比較。
8. 鈣之測定部位與氮不同，因鈣難由老葉轉運至新葉，因此檢測部位需採幼葉葉柄，此部位一旦發生缺乏，則表示植株已有鈣含量不足之現象。
9. 其他鐵、錳、鋅等元素測定部位也以新葉葉柄較具代表性。磷、鉀等移動性較佳之元素則以測定成熟葉葉柄爲宜。田間樹液速測診斷，其準確性雖不若一般實驗室之葉片成分分析，但其檢定方法快速而簡易，只需稍加訓練，並配合外觀目視診斷之經驗，將可迅速修正施肥方法，及時補救，以減少損失。

   如果您有簡單之工具如低倍光學顯微鏡，可將植物組織切片，經化學藥劑染色後，觀察組織內有無元素之結晶或特殊色澤出現，以估計植物體內要素之多寡。

四、養液供應診斷法

經過上述各種方法之鑑定，如發現作物之症狀，係由某一元素之缺乏，則可以葉面施肥或水耕液添加含有該項元素之物質，使之復原，此一方法可以進一步證明診斷之正確性。茲引用國外水耕栽植之番茄及胡瓜養分缺乏之補救方法（如表四）以供參考。

五、結　　語

養液栽培若管理不當，常易發生營養障礙，正確而快速的診斷爲栽培管理上成功的要訣之一。因此，建立各項要素診斷標準爲當今養液栽培之重要課題，而其中以目視診斷，簡易速測及養液供應等方法，相互配合，在田間應用上較具實用性。營養診斷方法之建立，對本省養液栽培產業之發展，將有許多的幫助。

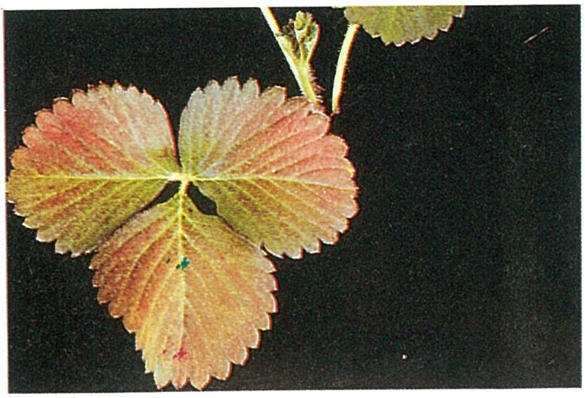
表四　番茄及胡瓜養分缺乏補救方法

營養障礙 / 補救方法	缺　氮	缺　磷	缺　鉀	缺　鈣	缺　鎂	缺　硫
葉面施肥	尿　素 (0.25～0.5%)	——	硫酸鉀 (2%)	硝酸鈣 (0.75～1.0%) 氯化鈣 (0.4%)	硫酸鎂 (2%)	——
添加於水耕液	硝酸鈣 硝酸鉀	磷酸一鉀	硫酸鉀 氯化鉀	硝酸鈣 氯化鈣	硫酸鎂	任何一種硫酸鹽均可，以硫酸鉀較佳
備　　註			(需注意水耕液中有無氯化鈉存在)			缺硫症狀很少發生

營養障礙 / 補救方法	缺　鐵	缺　錳	缺　鋅	缺　銅	缺　硼	缺　鉬
葉面施肥	Fe-EDTA (0.02～0.05%) 每3～4天噴一次	硫酸錳 0.1%大量噴施 1%小量噴施	硫酸鋅 (0.1～0.5%)	硫酸銅 (0.1～0.2%) 可與0.5%石灰混合施用	硼　砂 (0.1～0.25%)	鉬酸銨 鉬酸鈉 (0.07～0.1%)
添加於水耕液	鐵之嵌合物	硫酸錳	硫酸鋅	硫酸銅	硼　砂	鉬酸銨 鉬酸鈉

參考文獻

1. Scaife, A. and M. Turner. 1984. Diagnosis of mineral disorders in plant. Volume 2. Vegetable. Chemical Publishing, New York.
2. Hoagland, D.R. and D. J. Arnon. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. California Agricultural Experiment Station. Circular 347.
3. Resh, H.M. 1983. Hydroponic food production. Woodbridge Publishing Co., Santa Barbar, Calif.
4. Wallace, T. 1964. The diagnosis of mineral deficiency in plants by visual symptoms. Her Majestys stationary office, Landon.
5. Yoshiaki Ishizaka. 1978. Nutrient deficiencies of crops. Food and Fertilizer Technology Center(FFTC book series No. 1).
6. 山崎傳　1966.　微量要素と多量要素　博友社　日本　東京



照片 1. 草莓缺氮：葉片出現紫紅色素。

照片 2. 草莓缺氮：果實萼片，亦有紫紅色素。

照片 3. 胡瓜缺氮：葉片均勻黃化，生長不良。

照片 4. 木瓜缺磷：根部呈粉紅色。

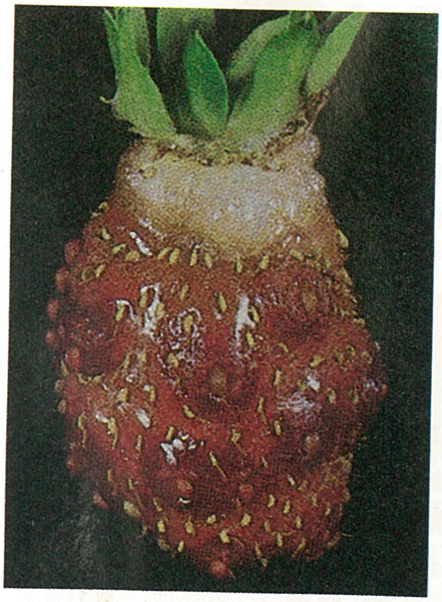
照片 5. 番茄缺鉀：葉緣焦枯，
左：正常葉片，中及右：缺鉀葉片。

照片 6. 草莓缺鈣：新葉葉尖發生頂燒現象，
葉部扭曲變形。

照片 7. 番茄缺鈣：果實頂部凹陷、褐化，稱爲頂腐病。

照片 8. 木瓜缺鐵：新葉黃白化。

照片 9. 柑桔缺鋅，
右：對照之正常葉片
左：缺鋅葉片，脈間黃化——黃化症
葉面積減小——小葉症



照片10. 草莓缺硼：果實凹凸不平（受粉不良之故），果實與蕚片連接處突起，呈白色。

照片11. 花椰菜缺鉬：葉肉細胞未能發育完全，僅留中肋，葉片變形呈鞭狀。